

# 대한물리치료과학회지

Journal of Korean Physical Therapy Science  
2025. 09. Vol. 32, No.3 pp. 29-42

## 무게 부하를 이용한 수중보행훈련이 뇌졸중 환자의 균형 및 보행 능력에 미치는 영향

박재호

충남대학교병원 재활센터 물리치료실

## The Effects of Underwater Gait Training using Additional Weight Application on Balance and Gait Abilities in Stroke Patients

Jae Ho Park, Ph.D., P.T.

*Department of Rehabilitation Center, Chung Nam national university hospital*

### Abstract

**Background:** Stroke patients commonly present with balance and gait disturbances due to sensory abnormalities and motor function loss. To improve these impairments, the purpose of this study was to prove the effects of underwater gait training using additional weight on balance and walking ability in stroke patients.

**Design:** Randomized Controlled Trial.

**Methods:** Subjects participating in the study were randomly divided into three groups.: Underwater Gait training using Additional weight application Group (UGAG) ( $n=12$ ), Underwater Gait training Group (UGG) ( $n=12$ ), and control group ( $n=16$ ). Subjects participating in UGAG and UGG performed underwater gait training, 3 times a week for 30 minutes, for 6 weeks. All subjects who participated in the study were assessed for muscle strength, balance, and gait ability before and after the intervention. Additionally, motor function and activities of daily living (ADL) were assessed to assess their return to ordinary life.

**Results:** According to the study results, all subjects showed significant differences in all measures post-intervention( $p<0.05$ ). The UGAG showed significantly improved scores on the muscle strength (Medical Research Council, MRC) and motor function

(Fugl-Meyer Assessment, FMA) compared to UGG, while UGG showed significant differences from the control group on the muscle strength (MRC) and balance abilities (Berg Balance Scale, BBS) (Timed Up and Go test, TUG) ( $p<0.05$ ). Additionally, UGAG showed significant differences in all areas except ADL (Modified Barthel Index, MBI) compared to the control group ( $p<0.05$ ).

**Conclusion:** These results suggest that underwater gait training using additional weight application may be effective aquatic rehabilitation method to improve muscle strength, balance and gait ability for with stroke.

**Key words:** Balance, Gait, Muscle strength, Rehabilitation, Stroke

### 교신저자

박재호

대전광역시 중구 문화로 282, 충남대학교병원 재활의학과

T: 042-338-2135, E: pjh1229-@hanmail.net

## I. 서론

뇌졸중은 일반적으로 운동기능 상실 및 감각 이상과 같은 신경학적 증상을 나타낸다. 이러한 장애는 근력 약화와 운동 능력 감소를 유발하여 걷기 및 계단 오르기과 같은 기본적인 이동 기능을 제한 한다(Ji 등, 2002). 또한, 뇌졸중 환자는 자세 조절이 손상되어 건강한 사람에 비해 체중 이동 시 신체 흔들림이 더욱더 심하여 불안정한 자세가 나타나며 비정상적인 보상작용을 유발하여 비효율적인 에너지를 소모하는 보행의 형태를 나타낸다(Lee 등, 2023; Jeong 등, 2022). 이러한 균형과 보행 능력의 손상은 기능적 이동성을 감소시킬 뿐만 아니라 낙상 등의 2차 부상의 위험도 증가시킨다(Park & Kim, 2023). 따라서 뇌졸중 환자의 기능 회복과 일상생활에서의 독립성을 촉진하기 위해서는 균형 능력과 보행 능력을 회복하는 것이 매우 중요하다(Lim & Kang, 2021).

이러한 이유로, 최근 낙상의 위험이 낮고 효과적인 균형과 보행 훈련이 가능한 수중 운동이 효과적인 재활의 전략으로 임상적 관심과 주목을 받고 있다(Lee & Hwang, 2019). 무엇보다 수중 운동은 낙상 위험이 최소화된 환경에서 훈련이 진행되므로 환자는 움직임과 훈련에 대한 높은 수준의 자신감과 열정을 가지고 훈련에 참여할 수 있다(Oh 등, 2019). 또한 물속에서의 운동은 다양하며 독특한 이점을 가지고 있다. 이는 부력, 정수압, 밀도와 같은 물의 특성이 지상에서의 운동으로는 할 수 없는 이점인 신체의 생리적 변화를 유도한다. 그리고 부력과 점성으로 생성된 저항은 다양한 동작이나 움직임에 대하여 환자가 반응할 시간을 더 많이 부여하여 낙상으로 인한 신체적 손상을 예방하는 데 도움을 준다(Lee & Hwang, 2019). 이러한 물의 특성은 충분한 안정성을 부여하여 근 긴장도 감소와 함께 운동 효과가 극대화하여 기능적 이동성을 촉진시켜, 운동 제어 및 전반적인 안정성이 개선되는 결과를 나타낸다(Kim & Chung, 2019; Vivas 등, 2011). 특히, 부력은 근육과 관절의 부담을 줄이는 데 중요한 역할을 하며, 지상에서의 보행보다 에너지 효율적이며 율동적인 움직임과 지상에서보다 대칭적인 보행 패턴을 용이하게 한다(Vivas 등, 2011). Matsumoto(2016)등은 뇌졸중 환자를 대상으로 수중 보행 훈련을 실시하여 앞서 언급된 수중 운동의 이점을 증명하였다. 연구의 결과에서는 중재 이후 근육의 경직이 감소함에 따라 보행적 지표에서 유의한 향상 나타내었다. 또한 뇌졸중 환자를 대상으로 수중트레드밀을 활용한 보행 연구에서는 중재 이후 대칭적인 체중 이동을 나타냄과 동시에 균형 능력이 개선되는 결과를 도출하였다. 이러한 결과는 보행 능력의 유의한 차이를 나타내며 긍정적인 변화를 이끌어내었다(Yang & Choi, 2015). 이후 Park & Chung(2018)은 수중 트레드밀과 무중력 트레드밀을 활용한 보행 훈련을 비교하여 중재 이후 뇌졸중 환자의 균형과 보행 능력이 향상되었음을 확인하였다.

그러나 이러한 수중 운동의 이점에도 불구하고 근 긴장이 낮거나 발목 안정성이 부족한 뇌졸중 환자는 수중보행 시 여전히 비대칭 보행 패턴을 나타내었다. 이는 근력 약화로 인하여 마비 측 하지의 밀도가 감소하여 다리가 충분히 가라앉지 않고 물 위로 떠 있으려는 성질 때문이다(Jung 등, 2010). 이러한 문제를 해결하기 위해 많은 연구에서 수중 운동과 수중 보행 훈련 중에 마비 측 혹은 양측 하지에 무게 부하를 적용하여 훈련을 수행하였다. Jung (2010)등은 수중 보행 훈련 동안 마비 측 발목에 무게 부하를 적용하면 수중 운동의 이점이 향상될 뿐만 아니라 마비 측 하지의 입각기의 시간과 비율이 증가하여 그에 따른 바닥을 지지하는 하지의 안정성이 향상되는 결과를 나타낸다. 이러한 변화는 이전과 달리 대칭적인 형태의 체중 이동과 보행의 결과를 나타낸다고 보고하였다. 이후 뇌졸중 환자의 마비 측 발목에 무게 부하를 적용하여 수중 운동프로그램을 시도한 연구에서는 역시 중재 후 균형과 보행적 평가에서 유의미한 변화를 보이며 그 효과를 입증하였다(Park & Chung, 2018). 이러한 선행연구들의 결과는 무게 부하를 적용한 수중 보행 훈련의 긍정적인 효과를 확인할 수 있었으며 마비 측 하지의 효과적인 체중 지지와 안정성을 통해 보행 능력을 회복할 수 있는 잠재력을 보여주었다. 이러한 치료적 효과에도

불구하고, 무게부하를 적용한 수중보행훈련에 대한 연구는 그 수가 적거나 무게 부하를 적용하지 않은 보편적인 수중보행훈련과의 비교를 통하여 그 효과를 입증한 연구 역시 부족 하였다. Jung(2010)등의 연구는 단면 연구로 기간이 매우 짧았으며, 표본 크기가 작아 이러한 연구 결과를 일반화하기에는 그 근거가 다소 부족하였다. 또한 Yoshihiro(2010)등의 연구는 연구의 대상자가 뇌졸중 환자가 아닌 일반 노인을 대상으로 수행되어 뇌졸중 재활의 치료적 효과를 입증하기에는 제한되었다. 최근 뇌졸중 환자를 대상으로 무게 부하를 적용한 수중 보행 훈련과 지상보행훈련을 비교하는 연구도 있었지만, 연구의 결과가 하지근력과 균형에 초점을 맞추었고 더 광범위한 보행 개선은 다루지 않았다(Park & Chung, 2017). 또한 선행연구들은 무게부하를 적용한 수중보행훈련군과 지상보행훈련군의 비교를 통한 연구는 존재 하였으나 무게부하를 적용하지 않은 보편적인 수중보행훈련과 비교를 통하여 지상보행군과 수중보행군의 비교 또는 무게부하와 비무게부하에 따른 수중보행훈련에 대한 비교 연구는 존재하지 않았다.

따라서, 본 연구의 목적은 기존 연구와 비교하여 진보된 연구 설계로 무게 부하를 적용한 수중 보행 훈련이 뇌졸중 환자의 균형 및 보행 능력에 미치는 영향을 살펴보고, 지상보행훈련을 적용한 대조군과 비교하여 수중 보행 훈련의 이점을 분석하고 효율적인 수중보행훈련의 방법을 확인하고자 한다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상

본 연구는 총 54명의 연구의 참여자가 등록하였으며, 연구의 참여한 모든 대상자는 충남대학교병원 재활센터에 입원한 환자를 대상으로 하였다. 환자군을 구성하기 이전 자세한 설명을 통해 충분히 이해를 구하고 자의적인 동의를 얻은 후 훈련을 시작하였다. 자연적 회복으로 인한 연구 결과의 오차를 최소화 하기 위해 6개월 이상의 발병기간을 가진 뇌졸중 환자를 연구에 포함하였다. 대상 환자의 무작위 할당을 통한 군 설정을 위해 SPSS ver. 25.0 (IBM Co., Armonk, NY, USA)을 사용하여 세 그룹으로 나누어 배정하였다. 연구에 참여한 대상자는 도구를 사용하지 않고 독립적으로 10m 이상을 걸을 수 있는 보행 능력을 갖춘 환자(Park & Chung, 2018) 균형 능력은 버그 균형 점수 45점 이하의 균형장애(Jung 등, 2010)를 나타내는 환자들로 구성하였다. 또한 연구에 대한 절차와 훈련에 대한 이해력과 치료사와 의사소통이 원활한 인지능력 (minimum Mini-Mental State Examination score 24)(Vivas 등, 2011)을 갖춘 환자로 기타 질병이나 정형외과적인 질병이나 개방성 골절이 없는 의학적으로 안정된 환자를 대상으로 하였다(Park & Chung, 2018). 훈련에 참여한 대상자들의 기본적인 정보와 일반적인 사항은 Table 1에 상세히 제시 되어있다. 본 연구에서는 54명의 환자 중 14명이 퇴원 등의 이유로 훈련 도중에 중도 탈락했다. 대상자의 명확한 변화와 객관적인 평가를 위하여 훈련이 시작하기 이전 사전 평가를 실시하였으며 6주간의 훈련을 진행한 후에 사후 평가를 실시하였다(Figure 1). 평가와 훈련과정간의 최소한의 오차와 편견을 줄이기 위하여 평가자와 훈련을 실시하는 치료사는 각 각 달리하여 수행하였으며 정확한 평가가 이루어 질 수 있도록 3년 이상의 경력을 가진 치료사와 보조치료사가 함께 훈련을 수행 하였다. 연구를 진행하는 동안 연구자의 임상윤리기준과 규칙을 준수하기 위하여 삼육대학교 생명윤리위원회(2-1040781-AB-N-01-2016112HR)의 승인을 받아 훈련을 진행하였다.

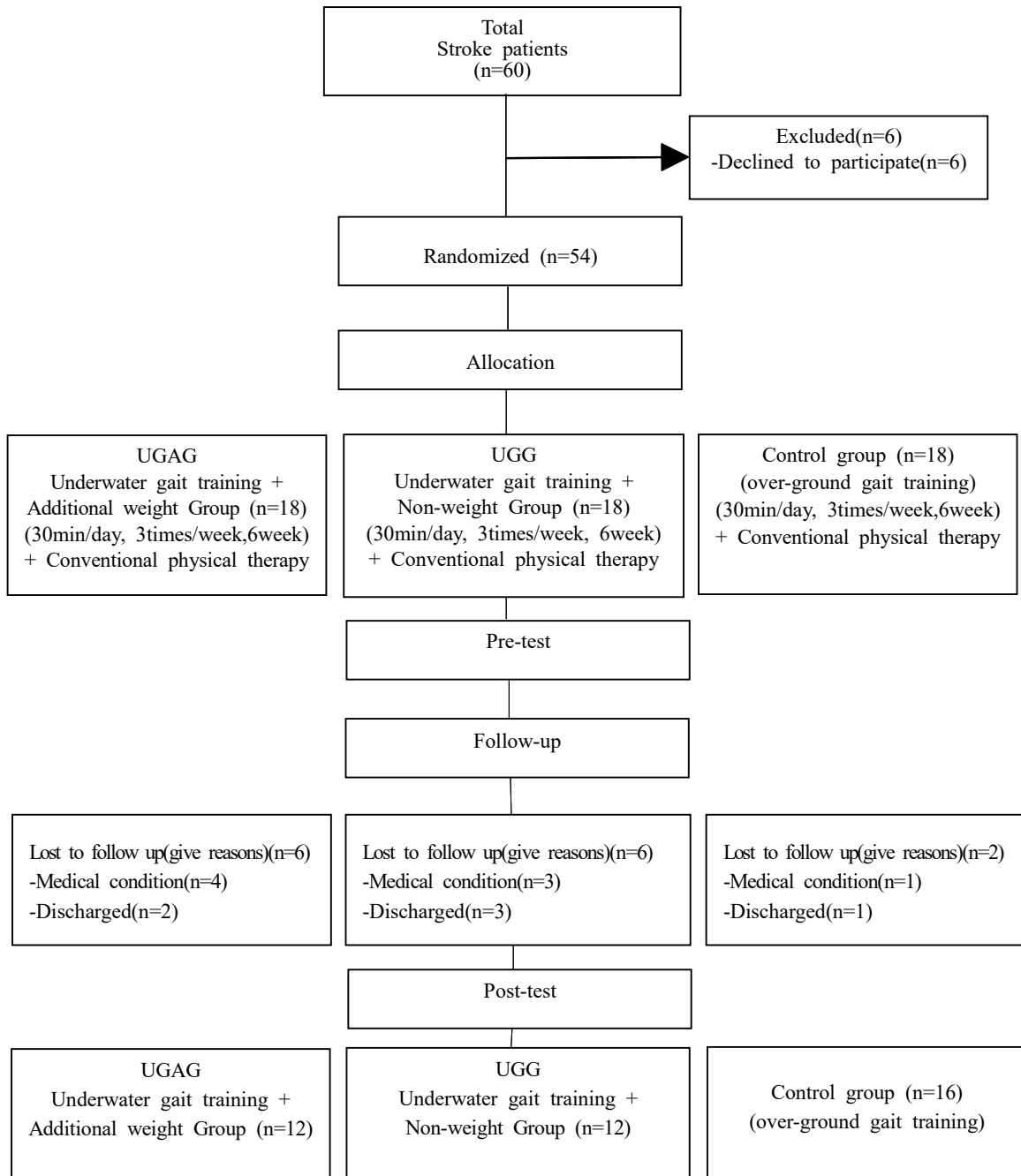


Figure 1. Enrollment of stroke patients

## 2. 중재방법

### (1) 무게부하를 적용한 수중보행훈련(Underwater Gait training using Additional weight Group: UGAG)

무게 부하 수중보행훈련은 체중의 5% 무게인 모래주머니를 마비 측 발목에 착용하고 수중 보행 훈련을 하는 중재 방법을 의미한다(Jung 등, 2010). 수중보행훈련은 충남대병원 재활센터 수치료실(12 × 8 m)에서 수행하였다. 수중보행훈련은 가슴높이(검상돌기, T12레벨)깊이의 수심에서 훈련이 진행되었으며, 수치료실의 수온은 31~33°C로 일정하게 하였다. 또한 훈련에 참여한 대상 환자들이 감기와 같은 질병으로 컨디션 저하와 같은 이차적 질병 악화를 방지하기 위해 26~27°C의 외부 온도를 유지하였다. 연구를 진행하는 동안 평가와 훈련 과정의 신뢰도를 높이기 위해 훈련을 시작하기 전에 사전 평가를 실시하였다. 연구 결과와 평가를 진행하는 과정간 오차를 줄이기 위하여 평가를 진행하는 치료사와 훈련 진행하는 치료사는 각 각 달리 배정하여 문제를 줄이려고 노력하였다. 수중보행훈련의 보행 속도를 조절하기 위해 메트로놈을 사용하여 연구에 참여한 대상자의 편안한 보행 속도에 맞춰 템포를 조절하여 적용하였다. 점진적인 강도를 조절하여 연구의 효율을 높이기 위하여 보행 속도는 3주차와 5주차에 초기 적용 속도의 5%씩 증가시켜 운동 강도를 향상하여 적용 하였다. 연구의 대상자는 6주동안 주 3회 30분간 수중보행훈련을 실시하였다. 또한 훈련에 참여한 모든 대상자들은 주 5회 30분씩 6주간 일반적인 물리 치료(중추신경발달치료)를 받았다. 훈련이 진행되는 동안 환자의 안전과 효과적인 중재활동을 위해 3년 이상의 수중재활 경력을 지닌 치료사와 훈련과 진행을 위한 보조 1명이 훈련을 진행하였다.

### (2) 수중보행훈련(Underwater Gait training Group: UGG)

수중 보행 훈련은 마비 측 발목에 무게를 적용하지 않고 수행하는 일반적인 수중 보행 훈련을 의미한다. 무게 부하 수중보행훈련과 동일한 장소에서 동일한 빈도와 시간으로 훈련을 수행하였다. 일반적인 수중보행훈련 역시 메트로놈을 이용하여 보행 속도를 중재하였으며 3주차와 5주차에 강도 높은 훈련을 진행하였다.

### (3) 대조군(Control group)

대조군은 앞선 두 훈련군과 동일하게 같은 시간과 빈도로 지상 보행 훈련을 수행하였다. 또한 대조군 역시 30분씩 주 5회 6주간 일반적인 물리 치료(중추신경발달치료)를 받았으며, 지상보행훈련을 진행하는 동안 낙상의 위험을 예방하기 위해 한 명의 치료사의 감독하에 지상 보행 훈련을 수행하였다.

## 3. 측정방법

### (1) 하지근력

근력 평가는 보편적으로 임상에서 가장 많이 활용되고 있는 평가 도구인 Medical Research Council(MRC) (ICC=0.95)를 사용하여 하지근력의 변화를 평가하였다. 총 6개 항목을 평가하였으며 5점 척도로 30점 만점으로 기록하였다. 평가가 이루어진 세부 항목은 고관절 신전, 굴곡, 무릎 신전, 굴곡, 발목 발바닥 굴곡, 발목 발등 굴곡으로 6가지 동작을 평가하였다(Park & Chung, 2018). 고관절 굴곡과 신전은 바로 누운 자세와 엎드려 누운 자세에서 측정 하였으나 다른 동작은 모두 앉은 자세에서 측정하였다. 무릎관절 굴곡과 신전은 앉은 자세에서 발뒤꿈치 또는 발목을 축지한 후 무릎을 굽히고 피는 동작을 지시하여 측정하였다. 발목관절에 대한 측정은 앉은 자세에서 무릎을 편 상태에서 발등의 원위부를 축지하여 발목을 배측굴곡과 저측굴곡을 지시하여 측정하였다. 각각 3번 측정하여 평균값을 구하였고, 측정 간 30초의 휴식을 취하여 피로도를 최소화 하였다(Gregson et al., 2000).

## (2) 균형 능력과 보행 능력 평가

정적균형능력과 동적균형능력의 전반적인 변화를 평가를 위하여 현재 임상에서 보편적으로 두루 활용되는 버그균형검사(Berg Balance Scale, BBS)(ICC=0.99)와 일어서서걷기검사(Timed Up and Go, TUG)(ICC=0.99)를 적용하였다. 두 균형 평가는 특별한 준비물이나 평가의 난이도가 매우 복잡하지 않은 간편한 평가로 폭넓은 난이도의 과제 수행 활동과 이동능력을 평가하고 채점하여, 단순한 균형 평가뿐만 아니라 이동성에 대한 명확한 통찰력과 보행 능력 회복에 대한 보다 강한 신뢰를 가진 예측 지표로 역할을 할 수 있다(Berg, Wood-Dauphinee & Williams, 1995; Podsiadlo & Richardson, 1991). TUG는 3회 실시하여 평균값을 기록하였다. 또한 본 연구에서는 10M보행검사(10Meter Walking Test, 10MWT)(ICC=0.91)를 사용하여 보행 능력을 평가하였다. 보행을 평가하는 데 가장 일반적으로 사용되는 임상 도구 중 하나로 10MWT는 총 3회 실시하여 평균값을 기록했습니다(Pohl et al, 2002).

## (3) 운동기능과 일상생활평가

운동기능에 대한 가장 대표적인 평가는 Fugl-Meyer Assessment(FMA)(ICC=0.97)이다. 본 연구에서는 FMA를 이용하여 운동기능을 평가하였으며, FMA의 다양한 항목 중 상지 기능 평가를 제외한 17개 하위 항목만을 평가하여 기록하였다. FMA는 기능적 운동평가에 초점을 맞추었으며, 34점을 만점으로 평가를 진행하였다(Fugl-Meyer, Jääskö, Leyman, Olsson, & Steglind, 1975). 그리고 일상생활에 관한 평가로 Modified Barthel Index(MBI)(ICC=0.77)를 사용하여 평가를 하였다. MBI는 직접적인 관찰과 질문을 활용한 문답식의 평가로 총 10개 항목으로 구성된 가장 기본적인 일상생활 동작에 평가이다(Granger, Albrecht, Hamilton et al.,1979).

## 4. 자료 분석

본 연구는 자료분석을 위하여 SPSS ver. 25.0 (IBM Co., Armonk, NY, USA)을 활용하여 분석을 하였다. 훈련에 참여한 대상자의 기본정보와 일반적 특성을 정규성 검정을 통하여 분석을 시행하였고, 훈련에 참여한 각 대상자의 중재 전 후의 변화를 분석하기 위해 대응 표본 t-test를 활용하여 분석하였다. 모든 훈련이 끝나는 6주 후 각 집단 간의 하지근력, 균형 및 보행 능력의 변화를 분석하고 통계적으로 유의미한 차이나 변화를 확인하기 위해 일원배치분산분석(one-way ANOVA)을 사용하였고, Duncan method를 사용하여 사후 분석을 실시하였고 통계적인 유의 수준은  $p < 0.05$ 로 설정하여 분석하였다.

## Ⅲ. 연구결과

## 1. 대상자의 기본정보와 일반적인 특성

본 연구는 최종적으로 총 40명의 뇌졸중 환자가 훈련에 참여하였다. 연구에 참여한 대상자의 성별은 UGAG( $n=12$ )는 여성 3명과 남성 9명, UGG( $n=12$ )는 여성 4명과 남성 8명, 대조군( $n=16$ )에는 여성 9명과 남성 7명이 참여하였다. 대상자의 평균 연령은 UGAG은 55.68세, UGG는 56.66세, 대조군은 57.50세로 균등하게 분포하였다. 또한 각 그룹의 평균 신장과 체중은 UGAG는 164.41cm와 66.87kg, UGG는 167.58cm와 69.87kg 그리고 대조군은 163.18cm와 65.18kg로 나타났다. 그리고 각 그룹의 MMSE점수는  $29.33 \pm 1.07$ ,  $27.16 \pm 1.74$ ,  $27.37 \pm 0.95$ 로 나타났다. 대상자의 평균 발병 기간은 각각 7.33개월, 7.33개월, 7.75개월로 6개월 이상의 뇌졸중 환자들로 구성하였다. 또한 연구에 참여한 대상자들은 Brunnstrom's Stage 4~5단계의 환자들로 구성되어있으며, UGAG은 4단계 5명 5단계 7명, UGG은 4단계 4명 5단계 8명, 대조군은 4단계 8명 5단계 8명으

로 구성되었다. 이처럼 연구에 참여한 모든 대상자의 기본정보와 일반적인 특성은 표를 통하여 상세하게 기록되었으며 정규분포 하였다(Table 1).

Table 1. General characteristics of the study participants.

구분	UGAG( <i>n</i> =12)	UGG( <i>n</i> =12)	대조군( <i>n</i> =16)	<i>F</i>	<i>P</i>
나이(year)	55.68±10.42	56.66±4.39	57.50±9.90	.188	.758
신장(cm)	164.41±6.84	167.58±5.40	163.18±7.83	.326	.664
체중(kg)	66.87±5.16	69.87±7.05	65.18±8.99	.633	.778
발병기간(months)	7.33±1.15	7.33±1.72	7.75±1.77	.192	.812
MMSE (score)	29.33±1.07	27.16±1.74	27.37±0.95	.994	.688
Brunnstrom (stage)	4단계: 5 5단계: 7	4단계: 4 5단계: 8	4단계: 8 5단계: 8	.248	.184
성별 (남/녀)	9/3	4/8	9/7	.802	.162
마비측 (Lt/Rt)	5/7	3/9	9/7	.756	.224
발병기전 (출혈/경색)	5/7	3/9	8/8	.225	.114

UGAG: Underwater gait training using additional weight application group, UGG: Underwater gait training group, MMSE: Mini-Mental State Examination, *p*<.05

## 2. 평가 항목에 관한 결과

### (1) 하지근력

본 연구의 결과 연구에 참여한 대상자 모두 중재 이후 하지근력평가(Medical Research Council, MRC)에서 유의미한 결과를 나타냈다(*p*<0.05). 특히 UGAG는 15.83±0.68에서 20.33±1.02로 4.50±1.65점의 유의한 향상을 보였다(*p*<0.05). 이는 각 각 3.41±0.90, 2.31±0.60 점의 변화를 나타낸 UGG와 대조군 비교하여 유의한 차이를 보이며 근력 향상의 결과를 나타냈다(*p*<0.05)(Table 2).

Table 2. Changes in lower extremity muscle strength and balance ability of study participants.

구분	UGAG( <i>n</i> =12)		UGG( <i>n</i> =12)		대조군( <i>n</i> =16)		<i>F</i>	<i>P</i>
	Pre-test	Post-test	Pre-test	Post-test	Pre-test	Post-test		
MRC (score)	15.83±0.68	20.33±1.02	15.08±0.90	18.50±0.67	15.81±0.75	18.12±0.71		
Difference (post-pre)	4.50±1.65* †		3.41±0.90*		2.31±0.60		28.629	<0.001
<i>t</i>	-19.541		-13.146		-15.363			
<i>p</i>	<0.001		<0.001		<0.001			
BBS (score)	40.50±1.65	50.16±1.72	40.41±5.21	48.16±1.80	40.62±1.99	45.75±1.91		
Difference (post-pre)	9.66±1.97*		7.75±4.00*		5.12±1.50		10.474	<0.001
<i>t</i>	-16.258		-6.707		-13.667			
<i>p</i>	<0.001		<0.001		<0.001			
TUG (sec)	27.25±2.31	14.50±2.81	27.50±5.71	17.50±4.44	26.06±3.90	19.43±2.78		
Difference (post-pre)	-12.75±3.19*		-10.08±5.17*		-6.62±3.44		8.181	0.001
<i>t</i>	13.249		6.746		7.698			
<i>p</i>	<0.001		<0.001		<0.001			

UGAG: Underwater gait training using additional weight application group, UGG: Underwater gait training group, MRC: Medical Research Council, BBS: Berg Balance Scale, TUG: Timed Up and Go test. †: Significant difference ( $p<0.05$ ) between UGAG and UGG, \*: Significant difference ( $p<0.05$ ) between UGAG and Control, UGG and Control

## (2) 균형능력

본 연구의 결과 연구에 참여한 대상자 모두 중재 이후 버그균형검사(Berg Balance Scale, BBS)에서 유의미한 결과를 나타냈다( $p<0.05$ ). 특히 UGAG는 40.50±1.65에서 50.16±1.72로 9.66±1.97점의 유의한 향상을 보였다( $p<0.05$ ). 이는 각각 7.75±4.00, 5.12±1.50 점의 변화를 보인 UGG와 대조군 비교하여 더 큰 변화를 보였으나 그룹간의 차이에서는 대조군과 비교에서는 유의한 차이를 보인 반면( $p<0.05$ ), UGG와 비교에서는 유의미하지 않았다( $p>0.05$ )(Table 2). 일어서서걸기검사(Timed Up and Go test, TUG) 역시 BBS와 동일한 결과의 형태로 UGAG은 20.25±2.31에서 14.50±2.81으로 -12.75±3.19초의 변화를 보이며 유의한 차이를 나타냈다( $p<0.05$ ). UGG와 대조군은 각각 -10.08±5.17, -6.62±3.44의 변화를 보이며 중재 이후 유의한 차이를 보였으나( $p<0.05$ ), UGAG와 비교하여 더 큰 변화를 보이지는 않았다.

(3) 보행능력

본 연구의 결과 연구에 참여한 대상자 모두 중재 이후 10m보행검사(10Meter Walking Test, 10MWT)에서 유의미한 결과를 나타냈다( $p < 0.05$ ). 그 중 UGAG은  $29.16 \pm 2.54$ 에서  $17.08 \pm 1.25$ 초로  $-12.08 \pm 2.89$ 초의 변화를 나타냈다( $p < 0.05$ ). 이는 각각  $-10.33 \pm 4.83$ ,  $-7.81 \pm 2.71$  초의 변화를 보인 UGG와 대조군에 비해 더 큰 변화를 보였으나 그룹간의 차이에서는 대조군과 비교에서는 유의한 차이를 보인 반면( $p < 0.05$ ), UGG와 비교에서는 유의한 차이를 나타내지는 않았다( $p > 0.05$ )(Table 3).

Table 3. Changes in gait, motor function, and ADL of study participants.

구분	UGAG( $n=12$ )		UGG( $n=12$ )		대조군( $n=16$ )		F	P
	Pre-test	Post-test	Pre-test	Post-test	Pre-test	Post-test		
10MWT (sec)	$29.16 \pm 2.54$	$17.08 \pm 1.25$	$29.25 \pm 5.70$	$18.91 \pm 4.79$	$28.18 \pm 3.18$	$20.37 \pm 2.27$		
Difference (post-pre)	$-12.08 \pm 2.89^*$		$-10.33 \pm 4.83$		$-7.81 \pm 2.71$		5.102	0.011
t	13.819		7.410		11.517			
p	<0.001		<0.001		<0.001			
FMA (score)	$23.66 \pm 3.24$	$30.16 \pm 1.57$	$23.50 \pm 2.84$	$18.91 \pm 4.79$	$23.00 \pm 2.52$	$26.25 \pm 2.29$		
Difference (post-pre)	$6.50 \pm 3.64^* \dagger$		$3.66 \pm 3.28$		$3.25 \pm 1.00$		5.084	0.021
t	-5.922		-3.867		-13.000			
p	<0.001		0.003		<0.001			
MBI (core)	$59.33 \pm 7.63$	$67.33 \pm 6.69$	$53.50 \pm 4.98$	$61.40 \pm 7.98$	$54.37 \pm 3.87$	$62.50 \pm 4.22$		
Difference (post-pre)	$8.00 \pm 0.93$		$7.91 \pm 3.00$		$8.12 \pm 2.12$		0.994	0.096
t	-3.778		-5.588		-15.292			
p	0.003		<0.001		<0.001			

UGAG: Underwater gait training using additional weight application group, UGG: Underwater gait training group, 10MWT: 10Meter Walking Test, FMA: Fugl-Meyer Assessment, MBI: Modified Bathel Index. †: Significant difference ( $p < 0.05$ ) between UGAG and UGG, \*: Significant difference ( $p < 0.05$ ) between UGAG and Control, UGG and Control.

(4) 운동기능 및 일상생활에 관한 평가

본 연구의 결과 연구에 참여한 대상자 모두 중재 이후 운동기능평가(Fugl-Meyer Assessment, FMA)와 일상생활에 관한 평가(Modified Bathel Index, MBI)에서 유의미한 결과를 나타냈다( $p < 0.05$ ). FMA의 결과값에서는 UGAG은  $6.50 \pm 3.64$ 점의 변화량을 보였으며, UGG와 대조군은 각각  $3.66 \pm 3.28$ ,  $3.25 \pm 1.00$  점의 변화를 보이며

UGG와 대조군에 비해 더 큰 변화를 보였으며, 그룹간의 비교에서도 유의미한 결과를 나타냈다( $p < 0.05$ ). 하지만, MBI의 경우 그룹간의 비교에서 UGAG는 UGG 뿐 만아니라 대조군과 비교하여 유의한 차이를 나타내지는 않았다( $p > 0.05$ )(Table 3).

#### IV. 고 찰

뇌졸중 환자는 대체로 비대칭적이며 균형적이지 못한 자세 조절로 인해 불안정한 자세를 나타내며 신체적 흔들림이 증가한다. 이러한 변화는 보행 장애와 낙상 위험성을 증가 시킨다(De Oliveira 등, 2008; Srivastava 등, 2009). 따라서 본 연구는 뇌졸중 환자의 이와 같은 문제를 해결하기 위해 무게 부하를 이용한 수중 보행 훈련 적용에 따른 균형 능력과 보행 능력의 변화를 분석하고, 효율적인 수중보행훈련의 방법을 입증하고자 한다.

본 연구 결과, 수중 보행 훈련이 공통적으로 적용된 UGAG와 UGG는 중재 이후 근력과 균형능력에서 유의미한 차이를 나타내며 근력과 균형 능력의 개선을 나타내었다( $p < 0.05$ ). 또한 두 실험군 모두 대조군과의 그룹간 비교를 통해 유의미한 차이를 나타내며 그 효과를 입증하였다( $p < 0.05$ ). 이러한 결과는 수중 보행 훈련이 근력과 균형 능력 회복에 매우 효과적인 방법임을 증명하였으며, 지상 보행 훈련과 비교하여 근력과 균형 능력 회복에 있어서 더욱더 효과적이었음을 확인시켜 주었다. 이러한 결과가 나타난 근거로 물의 다양한 특성 중 부력의 영향을 받은 것으로, 부력은 다양한 운동과 동작을 취하는 동안 낙상으로 인한 신체적 손상이나 부상에 대한 두려움을 감소시키며 그로 인해 다양한 활동에 대한 두려움 감소에 따른 자신감이 향상 되어 최종적으로 환자의 움직임의 범위와 잠재성을 넓혀주는 결과를 나타낸다(Oh 등, 2019; Masumoto 등, 2016). 이러한 이점은 조기보행훈련과 같은 초기재활시 운동의 참여를 촉진시켜 효과적인 보행 훈련의 환경을 제공한다(Kim & Chung, 2019). Masumoto(2008) 등의 연구에 따르면 수중보행훈련 적용함에 따라 근 긴장이 감소하여 그에 따라 근력과 보행 능력이 향상되는 결론을 나타내며 본 연구의 결과를 뒷받침하였다.

뇌졸중 환자의 다양한 관절의 근력 약화 중 특히 발목 근력 약화는 균형과 보행 능력에 중대한 영향을 미치며 비효율적인 보행의 형태를 나타내는데 그 결과 보행 속도의 감소로 이어진다(Park & Chung, 2017; Srivastava 등, 2009). 그러므로 균형과 보행 기능을 회복하여 보다 효과적인 움직임을 위해서는 하지 근육을 강화하는 것이 필수적이라 할 수 있다(Song & Kim, 2022). 이러한 이론적 배경은 본 연구결과에서도 반영되었다. 근력 평가인 MRC에서 유의미한 개선을 나타낸 UGAG와 UGG는 균형 능력을 평가하는 BBS와 TUG에서 역시 중재 이후 유의미한 결과를 나타냈다( $p < 0.05$ ). 또한 지상보행훈련을 실시한 대조군과의 비교에서도 유의미한 결과를 나타내는 것을 확인할 수 있었다( $p < 0.05$ ). 이는 수중보행훈련이 효과적인 근력 회복을 통하여 균형능력에 긍정적인 결과를 이끌었다고 분석할 수 있다. 이러한 결과에 대한 배경으로 Masumoto(2014) 등은 수중보행훈련이 고관절 신근, 무릎 신근과 발바닥 굽힘근의 원활한 근 활성화로 인한 근 동원능력의 향상이 근력 강화로 이루어져 보행 능력이 향상되었다고 보고 하였다. 또한 체중지지 관절인 고관절과 무릎관절은 정적 균형에서 중요한 역할을 하며 발목 관절은 동적 균형과 보행적 요소에 큰 영향을 나타내는데 이러한 상관관계는 본 연구 결과에서도 관찰 할 수 있었다(Punt 등, 2017). 하지만, UGAG는 근력을 평가하는 MRC에서 UGG와 비교하여 유의미한 변화를 통한 그 효과를 나타냈지만( $p < 0.05$ ), 균형평가를 나타내는 BBS 및 TUG 점수에서는 두 그룹 간에 유의미한 변화가 발견되지 않았다( $p > 0.05$ ). 이러한 결과는 발목에 무게 부하를 적용한 수중 보행 훈련이 기존 수중 보행 훈련보다 근력의 개선에는 더 효과적이었으나 균형 능력을 향상에 더 효과적이었다고 보기에는 통계적 근

거가 충분하지 않다고 볼 수 있다. 그러나 Lam(2009)등은 마비 측 하지에 무게 부하를 적용한 보행 훈련이 보행의 주기 중 스윙 단계에서 고관절 굴곡근을 활성화시켜 근력이 더 크게 증가하고 균형 감각이 향상되었다고 보고하였다. 마찬가지로 Jung(2010)등은 무게 부하를 적용한 수중보행훈련이 뇌졸중 환자의 보행주기 중 마비 측 하지의 입각기에서 안정성을 향상 시킨다는 것을 입증하였다. 이러한 안정성의 향상은 건 측과 마비 측 사이의 대칭적인 체중 지지와 이동을 촉진하여 전반적인 자세의 안정성을 개선시켰다고 언급하였다. 이러한 안정성 향상의 근본적인 이유로 마비 측 하지의 발목에 적용된 무게 부하가 마비로 인하여 밀도가 낮아진 다리가 물 위로 뜨는 현상을 방지하여 안정성이 증가했기 때문이다(Jung 등, 2010; Park & Chung, 2018). 또한 이러한 근거는 Park & Chung(2017)의 연구에서도 확인 할 수 있었다. 이 연구에서 역시 무게 부하가 적용된 수중보행훈련군에서 하지 근력의 향상과 균형 능력의 개선을 나타내며 그 근거를 뒷받침하였다. 또한 Hesse(2008)등은 건 측과 마비 측 사이의 대칭성의 개선이 보행 능력과 속도를 크게 향상시켰다고 언급하였다. 이러한 결과는 대칭적인 균형 능력의 개선이 보행 능력의 향상에 큰 영향을 나타낸 본 연구의 결과를 뒷받침할 수 있는 근거가 될 수 있다.

본 연구 결과에서는 두 실험군 모두 중재 이 후 보행평가인 10MWT에서 유의한 차이를 나타내었다. 또한 UGAG는 대조군과의 비교를 통하여 유의미한 변화를 나타내며 그 효과를 나타냈다( $p < 0.05$ ). 이와 같은 결과는 선행 연구와 유사한 결과로 마비 측 하지의 안정성 증가가 입각기의 비율을 높여 대칭적인 체중지지를 나타내어 보행 속도 개선에 기여하였음을 유추할 수 있다. 또한, 무게 부하로 인해 고관절 굽힘근과 무릎 펴는 근육의 근력이 증가하여 보행 속도 개선에 많은 영향을 주었다고 볼 수 있다. 그러나 UGAG와 UGG의 비교에서는 대조군과의 비교와 달리 유의미한 변화를 나타내지 않았다( $p > 0.05$ ). 이와 같은 결과는 수중보행훈련 역시 보행적 요소의 향상에 매우 효과적인 중재방법이어서 집단간의 비교에서는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다고 해석할 수 있다. Barela(2006)등은 수중 보행 훈련이 입각기에서 대퇴 이두근, 외측광근과 대퇴 근막 장근,의 근력을 증가시켜 보행 속도가 향상된다는 결과를 발견하였다. 마찬가지로, Masumoto(2007)등 역시 물의 특성 중 부력과 점성이 대퇴직근, 대퇴이두근과 내측광근의 근력을 강화하여 보행의 안정성과 속도를 향상 시킨다고 보고하였다. 이러한 결과는 기존의 수중 보행 훈련 역시 보행 속도를 개선 하는데 매우 효과적임을 시사하였다.

이러한 보행 능력의 회복은 기능적 독립성과 일상 활동과 밀접한 관련이있기 때문에 운동기능과 전반적인 삶의 질에 상당한 영향을 미친다(Shin 등, 2015). 따라서, 본 연구에서는 이러한 기능적 회복과 일상생활에 대한 평가로 FMA와 MBI를 활용하였다. 연구 결과 중재 이후 모든 군에서 중재 이전과 비교해서 유의미한 차이를 보이며 그 효과를 나타내었다( $p < 0.05$ ). 하지만 FMA에서는 UGAG가 대조군과의 집단 간 비교에서 유의미한 차이를 보였지만( $p < 0.05$ ), UGG는 유의한 차이를 보이지 못하였다( $p > 0.05$ ). 또한 UGAG는 UGG와 집단 간 비교에서 역시 유의미한 결과를 확인할 수 있었다( $p < 0.05$ ). 이러한 결과는 UGAG가 UGG 보다 운동기능 개선에 더욱 효과적이었음을 시사하였다. 이러한 결과는 마비 측 하지에 사용된 무게 부하가 근력 회복을 효과적으로 촉진하여 이러한 근력의 변화가 근력과 연관성이 높은 FMA 하부항목에서 더 높은 점수를 획득하여 통계적으로 영향을 주었으리라 유추할 수 있다. 그러나 일상생활을 평가하는 MBI에서는 중재 전 후 유의미한 차이를 보였지만( $p < 0.05$ ), 그룹 간의 비교에서는 유의미한 차이를 나타내지 않았다( $p > 0.05$ ). 이는 식사, 목욕, 변기 사용을 포함한 광범위한 기능적 영역을 평가하는 MBI이지만 본 연구에서 주로 개선된 항목은 근력과 이동성과 관련된 부분으로 일상생활 전반적인 영향을 주기에는 미흡했다고 볼 수 있다. 이러한 결과는 보다 하지무게부하를 활용한 수중보행훈련이 하지근력향상과 균형 및 보행능력의 개선을 위한 효율적인 재활전략임을 제시하였다. 그러나 연구를 진행하는 과정 동안 다양한 변수로 인하여 예상할 수 없었던 참가자들의 퇴원이나 컨디션 저하와 같은 중도 탈락과 비교적 짧은 훈련 기간이 연구의 결과에 다소 영향을 주었으리라 사료된다. 이 후 수중 재활에 관한

연구에서는 연구에 참여한 대상자 변동성을 최소화하여 조절하고 보다 많은 수의 대상자를 모집하여 표본 크기를 확대하고 보다 긴 훈련 기간을 적용하여 더욱 효과적인 연구가 이루어 졌으면 한다.

## V. 결 론

본 연구를 통해서 무게 부하를 적용한 수중 보행 훈련이 뇌졸중 환자의 하지근력에 매우 효과적이었으며 그로 인하여 균형 및 보행 능력을 개선하는 데 매우 효과적이었음을 확인 할 수 있었다. 또한 지상보행훈련과 수중보행훈련 결과를 비교하여 수중 보행 훈련이 하지 근력과 균형 능력에 매우 효과적인 중재 방법임이 입증할 수 있었다. 이러한 결과는 향후 뇌졸중 환자를 대상으로 수중보행훈련을 적용 시 보다 효과적인 수중재활의 전략을 제시하고 효과적인 뇌졸중 회복을 위한 운동방법으로 활용 될 수 있음을 시사할 수 있었다.

## 참고문헌

- Ji YH, Lee JK, Park JW. Effect of uneven surface gait training on ankle muscle activation and balance in stroke patients. *J Kor Phys Ther.* 2002;34(4):161-7.
- Lee YS, Park HJ, Choi YS. Effects of ankle control training using neuromuscular electrical stimulation on leg muscle activation and balance in patients with stroke. *Kor Phys Ther.* 2023; 35(5), 145-150.
- Jeong HJ, Park SH, Jeon JY et al. Effects of applying a vibration stimulation to paretic side and non-paretic side on balance and gait in stroke patients: a pilot study. *Phys Ther.* 2022;34(5), 193-197.
- Park J, Kim T H. Effects of walking training according to rhythmic auditory stimulation speed control balance of stroke patients. *J Kor Phys Ther.* 2023; 35(6), 213-219.
- Lim Y J, Kang S H. Effect of various lower extremity exercise using the swiss ball while standing on balance, muscle strength, gait and fall efficacy in stroke patients: A pilot study. *J Kor Phys Ther.* 2021; 33(4), 202-209.
- Lee D K, Hwang T Y. Effects of aquatic proprioceptive neuromuscular facilitation pattern exercise on balance, gait ability and depression in patients with chronic stroke. *J Kor Phys Ther.* 2019; 31(4) 236-241
- Oh S J, Jeon J Y, Lee J H, Hwang B Y, Yoon B C, Nam H C, Yeom J W. A survey on the current working condition and job satisfaction on aquatic therapy performed by physical therapists. *J Kor Phys Ther.* 2019; 31(1) 40-48
- Kim H J, Chung Y J. Effect of underwater gait training with progressive increase in speed on balance, gait and endurance in stroke patients. *J Kor Phys Ther.* 2019; 31(4) 204-211
- Vivas J, Arias P, Cudeiro J. Aquatic therapy versus conventional land-based therapy for Parkinson's disease: an open-label pilot study. *Arch Phys Med Rehabil.* 2011; 92:1202-10.
-

- Matsumoto S, Uema T, Ikeda K et al. Effect of underwater exercise on lower-extremity function and quality of life in post-stroke patients: a pilot controlled clinical trial. *J Altern Complement Med*. 2016;22(8):635-41.
- HJ Yang, JD Choi. Effects of underwater treadmill gait Training on Gait, Balance, and Pulmonary Function in Stroke Patients. *Phys Ther Korea*. 2015;22(4):34-43.
- JH Park, YJ Chung. Comparison of Aquatic Treadmill and Anti-Gravity Treadmill Gait Training to Improve Balance and Gait Abilities in Patients with stroke. *J Kor Phys Ther*. 2018;30(2):67-72.
- Jung, T, Lee, D., Charalambous, C., & Vrongistinos, K. The influence of applying additional weight to the affected leg on gait patterns during aquatic treadmill walking in people poststroke. *Arch Phys Med Rehabil*, 2010; 91(1), 129-136.
- JH Park, YJ Chung. The effects of an additional weight aquatic exercise program on balance and lower extremity strength in persons with stroke: randomized controlled study. *Phys Ther Rehabil Sci*. 2018;7(1):6-12.
- Katsura Y, Yoshiro Ueda SY, Usui T, Sotobayashi D, Nakao H, Sakamoto H, Okumoto T, Fujimoto S. Effects of aquatic exercise training using water-resistance equipment in elderly. *Eur J Appl Physiol* 2010; 108:957-964.
- Park JH, Chung YJ. A comparison of underwater gait training with additional weight application and over-ground gait training to improve balance and lower extremity strength in persons with stroke. *J Kor Phys Ther*. 2017;29(2):101-107.
- Gregson, J. M., Leathley, M. J., Moore, A. P., et al. Reliability of measurements of muscle tone and muscle power in stroke patients. *Age Ageing*. 2000;29(3):223-228.
- Berg K, Wood-Dauphinee S, Williams JI. The Balance Scale: reliability assessment with elderly residents and patients with an acute stroke. *Scand J Rehabil Med*.1995;27(1):27-36.
- Podsiadlo, D., & Richardson, S. The timed "Up & Go": A test of basic functional mobility for frail elderly persons. *J Am Geriatr Soc*, 1991;39(22):142-148.
- Pohl, M., Mehrholz, J., Ritschel, C., & Ruckniem, S. Speed-dependent treadmill training in ambulatory hemi-paretic stroke patients: A randomized controlled trial. *Stroke*, 2002;33(2):553-558.
- Fugl-Meyer, A. R., Jääskö, L., Leyman, I., Olsson, S., et al. The post-stroke hemi-plegic patient: a method for evaluation of physical performance. *Scand J RehabilMed*, 1975;7(1):13-31.
- Granger, C. V., Albrecht, G. L., & Hamilton, B. B. Outcome of comprehensive medical rehabilitation: Measurement by PULSES profile and the Barthel Index. *Arch Phys Med Rehabil*,1979;60(4):145-154.
- De Oliveira, C. B., de Medeiros, I. R., Frota, N. A., et al. Balance control in hemiparetic stroke patients: main tools for evaluation. *J Rehabil Res Dev*, 2008; 45(8), 1215-1226.
- Srivastava, A., Taly, A. B., Gupta, A., et al. Post-stroke balance training: Role of force platform with visual feedback technique. *J Neurol Sci*, 2009; 287(1-2), 89-93.
- Masumoto K, Shono T, Hotta N et al. Muscle activation, cardiorespiratory response, and rating of perceived exertion in older subjects while walking in water and on dry land. *J Electromyogr Kinesiol*,

2008;18(4): 581-90.

Song J Y, Kim J H. Effects of ankle invertor and plantar flexor stretching on balance and walking ability of stroke patients. *J Kor Phys Ther*, 2022; 34(4), 181-186.

Masumoto, K., Takasugi, S., Hotta, N., et al. Electromyographic analysis of walking in water in healthy humans. *J Physiol Anthropol Appl Human Sci*, 2014; 23(4), 119-127.

Punt M, Bruijn SM, Wittink H, et al. Virtual obstacle crossing: Reliability and differences in stork survivors who prospectively experienced falls or no falls. *Gait Posture*, 2017;58:533-8

Lam, T., Luttmann, K., Houldin, A., et al. Treadmill-based locomotor training with leg weights to enhance functional ambulation in people with chronic stroke: a pilot study. *J Neurol Phys Ther*, 2009; 33(3), 129-135.

Hesse, S. Treadmill training with partial body weight support after stroke: a review. *NeuroRehabilitation*, 2008; 23(1), 55-65.

Barela AM, Stolf SF, Duarte M. Biomechanical characteristics of adults walking in shallow water and on land. *J Electromyogr Kinesiol*. 2006; 16(3):250-6.

Masumoto, K, Shono, T, Takasugi, S, Hotta, N., Fujishima, K., et al. Age-related differences in muscle activity, stride frequency and heart rate response during walking in water. *J Electromyogr Kinesiol*, 2007; 17(5), 596-604.

YK Shin, HJ Chong, SJ Kim, et al. Effect of rhythmic auditory stimulation on hemiplegic gait patterns. *Yonsei Med J*. 2015;56(6):1703-1713